

双季稻田土壤硒时空分布状况的研究

杨志辉 葛旦之 熊远福

(湖南农业大学 长沙 410128)

摘 要 对培肥 14 年的稻田土壤硒的测定结果表明,耕层有效硒的年变化与 Eh 值年变化相似,呈周期性交替。有效硒含量顺序为:冬种期>早稻期>晚稻期。土壤全硒随稻田剖面的加深而减少。稻田水耕熟化可使耕层全硒积累和有效硒含量提高,水耕淋溶作用使耕层硒下移并在 B 层淀积, B 层的有效硒也高于 A 层。不同耕作方式稻田的全硒和有效硒的剖面分布规律大体相同,其差别在于淋溶强的硒分异较大,淋溶弱的硒分异较小。

关键词 水稻土;硒;年变化;剖面分布

稻田土壤季节性的淹水耕种,造成了土壤氧化还原状况的周期性交替,同时,在剖面上形成了氧化淀积和还原淀积的诊断层^[1]。伴随这个过程,土壤硒相应地发生价态交换,并以不同的形态在土体中产生溶解、吸附、淋溶、淀积等反应^[2-4],使全硒及有效硒表现出特定的时空分布。这种分布在一定程度上反映出水稻土硒的化学行为、生物有效性及农业环境中硒的动向,可为制定适当的农业措施来调控土壤硒的有效供给和作物硒营养,改善环境硒状况等提供依据。为此,本文就不同耕作条件下双季稻田土壤全硒和有效硒的时空分布状况进行了探讨。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

于湖南农业大学教学农场采集第四纪红色粘土发育的红壤(旱土),土壤的基本性质为:pH6.15(水土比为 2.5:1),有机质 14.0g/kg,全氮 0.65g/kg,全磷(P_2O_5)0.61g/kg,CEC 15.80 cmol/kg,全硒(Se)0.289mg/kg,有效硒(Se) 5.70 μ g/kg。

1.2 稻田肥力演变模拟试验*

从 1982 年起建立水田土壤肥力演变模拟试验池,水泥池深 1.4m,小区面积 1.6m \times 0.9m,将上述供试土壤按发生层顺序分层填入池中,淹水种植水稻,至本试验已连续 14 年,种植 42 茬作物。研究的因素包括:(1) 地下水位:低水位(80cm),高水位(20cm);(2) 冬种方式:油菜、绿肥、冬泡,其中冬泡小区终年淹水,油菜和绿肥小区冬季不灌水;(3) 绿肥用量:高量(鲜草 8.6kg/区、年),常量(4.3kg/区、年),化肥(尿素 74.8g、过磷酸钙 63.1g、氯化钾 50.2g/区、年),每处理 3 个重复。

1.3 测定项目和方式

* 湖南农大土壤研究室主持此模拟试验,并为本课题提供研究条件和部份样品,谨致谢意。

硒的分析采用萤光光度法。土壤全硒用3:4 H₂SO₄:HClO₄ 消化;土壤有效硒用0.2mol/L K₂SO₄ 按1:5 土液比振荡浸提2小时,滤液用3:4 H₂SO₄:HClO₄ 消化^[5];植物全硒参照饲料中硒测定的标准方法^[6]。

常规分析项目中pH值、有机质、CEC、粘粒、全铁等的测定方法参照中国科学院南京土壤研究所编《土壤理化分析》^[7]。

2 结果与讨论

2.1 耕层土壤有效硒的全年变化动态

双季稻田通常从4月中下旬至10月下旬为水稻种植期。本试验通过从稻田肥力模拟池取样,对早晚两季水稻生育全过程的土壤有效硒的动态进行跟踪测定(图1)。结果表明,不同处理耕作层的土壤有效硒数量变化趋势基本一致。早稻期间,从淹水耕作起,土壤有效硒的数量逐渐减少,在早稻生育中期(6月8日)出现一低谷,谷粒成熟期(7月11日)又有所回升,晚稻期间,土壤有效硒的数量继续减少,直到9月底出现全年的最低值,往后又略有升高,晚稻收割后,稻田冬干,土壤有效硒数量上升,并保持在较高水平。按本试验的8个处理的平均值计算,土壤有效硒(Se)全年最高值在冬种期为11.03μg/kg,最低值在晚稻齐穗期为2.08μg/kg;早稻期间平均为6.8μg/kg,晚稻期间为3.48μg/kg。总的说来,土壤有效硒的数量顺序为冬种期>早稻期>晚稻期。

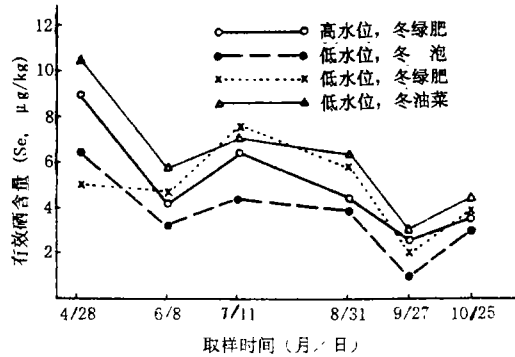


图1 双季稻田耕层土壤有效硒的年变化

土壤有效硒年变化趋势与土壤 Eh 年变化有一定的相似性。土壤的氧化还原状况直接影响到硒的价态转换,从而影响到有效硒数量变化。氧化态的 SeO₄²⁻ 和 SeO₃²⁻ 可溶于水,而还原态的 Se⁰ 和 Se²⁻ 的化合物不溶于水,不能被植物吸收利用。P. H. Masscheleyn (1990年)研究指出:在淹水土壤氧化还原体系中,当亚铁氧化之后,Se(-II, 0)可迅速转化成 Se(IV),氧化还原电位超过200mV时,亚硒酸盐可缓慢氧化成正硒酸盐^[8]。因此,稻田土壤的水分状况变化影响到土壤氧化还原状况,从而影响到土壤有效硒的数量。土壤水分较少时,进入土壤的氧气较多,土壤的 Eh 值与有效硒的含量就比较高,反之亦然。水稻栽培通常采用淹水分蘖—中期晒田—干湿壮籽的灌溉方式,全年土壤水分呈现出“干燥—淹水,湿润—淹水,湿润—再干燥”的周期性变化。所以说,稻田土壤中水分、Eh 值与有效硒三者是同步变化的。

不同耕作方式因土壤水分状况不同而影响到有效硒的变化。以三种不同的冬作方式比较,全年土壤有效硒含量均以稻—稻—油菜的最高,稻—稻—绿肥的次之,稻—稻—冬泡的最低;两种地下水位的稻田比较,低水位(80cm)处理的土壤有效硒也要高于高水位(20cm)处理。

表1 不同耕作处理的水稻稻谷含硒量(Se, μg/kg)

地下水位	耕作制	早稻	晚稻
低水位	稻—稻—油菜	0.0618	0.0564
	稻—稻—绿肥	0.0523	0.0500
	稻—稻—绿肥	0.0421	0.0397
高水位	稻—稻—冬泡	0.0503	0.0437

稻田耕层有效硒的年变化在水稻植株含硒量中也可以反映出来。如表1所示,各处理的稻谷含硒量是早稻高于晚稻;不同冬作处理比较,稻一稻一油菜的稻谷含硒量最高,稻一稻一绿肥的次之,稻一稻一冬泡的最低;两种地下水位比较,稻谷含硒量也是低水位的高于高水位。

2.2 全硒和有效硒在剖面上的分布

2.2.1 全硒

试验前土壤全硒(Se)量为0.289mg/kg,种植水稻14年后,8个处理平均值,A层达0.365mg/kg,增加26.3%;B层为0.296mg/kg,上升2.4%;C层为0.273mg/kg,比试验前减少0.016mg/kg(表2)。试验表明,稻田土壤全硒量随剖面深度的增加而减少,稻田的水耕熟化可使硒在耕层积累,并通过淋溶在B层淀积。

表2 不同耕作处理的剖面中硒及土壤性质

处理	土层	全硒 (Se, mg/kg)	有效硒 (Se, μ g/kg)	pH (盐浸)	有机质	<0.001mm粘粒	全Fe ₂ O ₃ ^② (g/kg)		
					(g/kg)				
高地下水位	冬泡	A	0.383	12.77	5.35	32.1	267.8	51.3	
		B	0.312	13.39	6.22	18.5	229.1	45.9	
		C	0.287	13.41	6.02	8.6	263.3	50.9	
	常绿肥	冬绿肥	A	0.344	12.07	4.95	25.5	295.4	44.8
		B	0.311	16.11	5.80	11.3	272.9	48.9	
		C	0.266	13.16	5.80	9.1	254.5	47.1	
	冬油菜	A	0.309	11.72	4.85	23.9	263.4	46.6	
		B	0.301	15.07	5.50	10.8	271.2	49.6	
		C	0.286	12.49	5.90	10.9	270.7	47.9	
	低地下水位	冬泡	A	0.321	12.00	5.45	30.8	264.2	36.6
			B	0.272	16.00	5.90	11.4	280.7	59.8
			C	0.264	14.24	5.58	12.0	327.5	63.9
常绿肥		冬绿肥	A	0.382	14.34	4.55	23.4	283.1	62.7
		B	0.304	18.46	5.52	12.5	284.0	48.2	
		C	0.253	14.25	5.70	10.1	297.4	45.7	
冬油菜		A	0.371	14.71	4.80	23.4	264.8	55.8	
		B	0.255	18.50	5.50	9.0	278.8	59.5	
		C	0.302	15.54	5.55	8.9	278.1	63.7	
高水位		冬绿肥	A	0.358	15.58	4.70	26.5	280.7	42.5
			B	0.290	16.22	5.22	10.6	309.1	43.7
			C	0.224	13.55	5.65	8.3	334.5	48.2
	化肥	冬绿肥	A	0.448	15.96	5.01	23.4	255.0	50.5
		B	0.323	9.5	5.78	10.3	270.1	53.5	
		C	0.302	13.11	6.00	8.4	269.1	52.6	
8处理平均	A	0.365 ^a ①	13.63 ^b	4.96 ^b	26.1 ^A	271.8	48.2		
	B	0.296 ^b	15.41 ^a	5.67 ^b	11.8 ^B	274.5	51.1		
	C	0.273 ^b	13.72 ^b	5.58 ^a	9.5 ^B	286.9	52.5		

注:①a, b为5%显著水平;A, B为1%显著水平。②系胡瑞芝副教授提供数据。

稻田耕作层硒的来源是多方面的。例如,施用肥料和农药的带入,大气中气态硒的溶解与尘埃的降落,灌溉水流入等等。本试验曾初步研究土壤硒积累与有机物料施用的关系,表明淹水条件下它们之间有着密切联系^[8]。表3列出了种稻14年的耕作层土壤硒与有机质的增长率,在8个不同处理中它们都有所增长,平均全硒增长26.1%,有机质增长76.5%,其中施化肥的处理全硒增加最多。由此看来,长期施用有机肥料和化肥是促进耕层全硒积累的重要因素。

表3 种稻14年不同处理耕层土壤全硒、有效硒与有机质的增长率(%)

处 理	低地下水位					高地下水位		
	常量绿肥			高量绿肥	化肥	常量绿肥		
	冬泡	冬绿肥	冬油菜	冬绿肥	冬绿肥	冬泡	冬绿肥	冬油菜
全 硒	11.1	32.2	28.0	23.90	55.0	32.5	19.0	6.9
有效硒	110.5	151.6	158.1	173.3	180.0	124.0	111.8	105.6
有机质	120.0	67.1	58.1	89.3	67.1	116.9	72.3	61.5

有关硒在剖面上的迁移, Yumei Kang (1991) 提出了两个机制, 即铁还原溶解释放出无机硒的淋溶和富里酸结合态硒的淋溶, 两机制中以还原淋溶为主^[7]。本试验对8个处理各土层的全硒与土壤性质作相关分析, 结果以全硒与有机质的相关性最好($r = -0.7337^{**}$), 其次为pH($r = -0.6038^*$)和 $<0.001\text{mm}$ 粘粒含量($r = -0.4222^*$), 与全铁及CEC的相关性不明显。由于粘粒和有机质主要随渗漏水下移, 所以稻田剖面中硒的迁移, 除受还原溶解和络合淋溶作用之外, 机械淋溶作用也不可忽视。

2.2.2 有效硒

试验前土壤的有效硒(Se)为 $5.70\mu\text{g}/\text{kg}$, 经过14年种稻培肥, 8个处理各土层的有效硒都有成倍的提高。按平均值计, A、B、C三土层有效硒(Se)分别达到 $13.63\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $15.41\mu\text{g}/\text{kg}$ 、 $13.72\mu\text{g}/\text{kg}$, 而且B层显著地高于A层。因此, 稻田耕作不仅可提高耕作层的有效硒数量, 而且水田渗漏带动水溶态硒与交换态硒的下移, 致使B层的有效硒比表层高。

2.3 不同耕作方式对硒剖面分布的影响

表2中高地下水位的各处理, 耕作层以下长年渍水, 淋溶作用微弱, 低地下水位的各处理, 淋溶作用较强, 耕作层的盐基、铁和粘粒不同程度地下移并在B、C层淀积。尽管它们影响着土壤硒的移动, 但两种地下水位的全硒与有效硒在剖面上的分布规律仍是大体相同的, 只是低地下水位的A、B两土层之间全硒和有效硒的差别较大, 而高地下水位的差别很小, 这也就是说, 淋溶强的硒分异较大, 淋溶弱的硒分异较小。

不同冬作方式比较, 在低地下水位的条件下, 冬种油菜和绿肥比冬泡有利于全硒的积累和有效硒的提高。仅就耕作层比较(表3), 冬绿肥和冬油菜处理的全硒量比试验前增加28.0 - 32.2%, 有效硒增加151.6% - 158.1%, 而冬泡处理的两种硒增加率就低得多。高地下水位稻田冬季种植油菜和绿肥, 土壤全硒和有效硒提高就不及冬泡。因此, 低地下水位双季稻田实行冬季种植可更好地改善土壤的供硒状况。

3 结论

(1) 双季稻田耕作层有效硒的年变化与Eh值年变化相似, 在冬种期间含量较高, 淹水种早稻后逐渐下降, 在晚稻期降至最低, 晚稻收割后再升高并维持在较高水平。

(2) 土壤全硒量随剖面深度增加而减少, 稻田水耕熟化作用可促进耕层全硒的积累和有效硒含量提高, 硒由耕层淋溶下移在B层产生沉积, 同时导致B层的有效硒高于A层。

(3) 不同耕作方式, 尽管淋溶程度不同, 但全硒与有效硒在剖面上的分布状况大体相同。其差别在于淋溶强的硒分异较大, 淋溶弱的硒分异较小。

(下转第42页)

度愈高,这显然与化学风化作用加强有关(表3)。

表3 金刚山土壤淀积层机械组成

土壤类型	机械组成(%)						粉砂 /粘粒	质地	细粉砂 占粉砂%	
	>1.0	1.0-0.05	0.05-0.01	<0.01	0.01-0.005	0.005-0.001				<0.001
赤红壤	60.33	0.39	7.61	75.43	6.52	10.87	58.04	0.205	轻粘	0.461
红壤	35.06	18.55	12.50	68.96	8.33	17.08	43.54	0.344	轻粘	0.402
黄红壤	16.14	33.40	20.62	45.98	10.72	16.08	19.18	0.889	重壤	0.342

3 小结

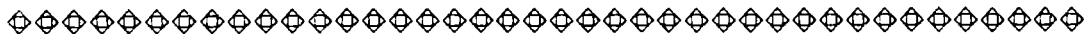
综上所述,漳浦金刚山土壤垂直带谱,自下而上为赤红壤、红壤和黄红壤,其有机质、全氮、碳氮比值和腐殖质、富里酸含量是随着海拔高度下降而下降;土壤风化淋溶系数、风化指数、土壤机械组成、淀积层粘粒交换量、铁铝水合系数均是随海拔高度的变化呈有规律的变化。

这些土壤属性有规律的递变,说明了土壤属性与成土环境的统一性,也说明山地土壤在有机的积累和分解,粘土矿物的生成和破坏,土壤物质淋溶和淀积,土壤氧化和还原等几个重要土壤形成过程都存在差异。这些属性为山地土壤分类提供参考数据,同时也为山地丘陵土壤的合理开发提供科学依据。

山地的开发利用不仅要有一个垂直分布的立体结构,还要注意山地地理位置的差别,应遵循因地制宜的原则,根据不同的生态环境进行合理布局。坚持开发和保护相结合的原则,力求取得最佳的经济、生态和社会的综合效益。

参 考 文 献

- 1 朱鹤健.福建土壤与土地资源研究.北京:农业出版社,1994,31-50
- 2 俞震豫.关于土壤普查中土壤分析资料的整理和应用问题.土壤通报,1984,15(5):227
- 3 赵其国.我国富铝化土壤发生特性的初步研究.土壤学报,1983,20(4):338-339,341



(上接第39页)

参 考 文 献

- 1 李庆逵.中国水稻土.北京:科学出版社.1992,3-26.208-245
- 2 杨志辉等.湖南省稻田土壤供硒状况的研究Ⅱ.调节土壤水分对硒有效性的影响.湖南农业科学,1996,(3):34-36
- 3 Kang Y, Nozato N, Kyuma Y. Soil Sci. Plant Nutr., 1991, 37(3):477-485
- 4 Fio J L, Fujii R, Deverel S J., Soil Sci. Soc. Am. J., 1991, 55:1313-1319
- 5 Cary E E, et al., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1967, 31:21-26
- 6 国家技术监督局.中华人民共和国国家标准 饲料中硒的测定方法 2,3-二氨基萘荧光法.GB/T 13883-92
- 7 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析.上海科学技术出版社.1978,146-258,469-502
- 8 Masscheleyn P H, Delaune R D, Patrick W H. Environ. Sci. Technol. 1990, 24(1):91-96
- 9 杨志辉等.湖南省稻田土壤供硒状况的研究Ⅲ.淹水土壤有机物料硒的分解特征及其与土壤硒积累的关系.湖南农业科学.1996,(4):36-38